

工程测量中实时动态定位技术应用研究

葛庆元 372926199210173313

摘要：实时动态定位技术（RTK）作为卫星定位领域的创新成果，近年来在工程测量领域得到广泛应用，解决了传统测量作业效率低、受环境约束强、精度不足等问题。本文围绕 RTK 技术的基本原理展开分析，结合工程测量的典型应用场景探讨技术应用路径，分析应用过程中存在的误差影响因素，并提出对应的优化策略，旨在为工程测量领域提升 RTK 技术应用水平提供参考，推动工程测量作业的数字化与精准化发展。

关键词：工程测量；实时动态定位技术；RTK；测量精度

一、实时动态定位技术的基本原理与技术优势

实时动态定位技术即 RTK（Real Time Kinematic）技术，是基于全球导航卫星系统（GNSS）发展而来的动态差分定位技术，其核心原理是通过基准站与流动站之间的卫星信号差分处理，实现实时获取厘米级精度的定位结果。在实际作业中，RTK 系统主要由基准站接收机、流动站接收机、数据传输链路以及数据处理软件四个部分构成。基准站固定设置在已知坐标的控制点上，连续观测所有可视卫星的定位信号，并将自身观测得到的伪距、载波相位观测数据以及基准站坐标信息，通过数据传输链路实时发送给作业区域内的流动站；流动站一方面接收卫星发射的原始定位信号，另一方面接收基准站发送的差分数据，通过动态差分算法对两组观测数据进行处理，消除卫星钟差、电离层延迟、对流层延迟等系统误差，最终实时解算出流动站的三维坐标，精度可以达到厘米级。

相较于传统工程测量技术，RTK 技术具有显著的应用优势。首先，作业效率大幅提升，传统工程测量中，控制测量、地形测图等作业需要多个测量点之间通视，作业人员需要多次转站架设仪器，单个作业小组一天仅能完成数个控制点的测量，而 RTK 技术不需要点与点之间通视，仅需要一名作业人员携带流动站即可完成测量作业，在开阔区域十几秒即可完成一个测点的坐标采集，极大缩短了作业时间，降低了人力成本。其次，测量精度更高且误差分布均匀，传统光学测量技术随着测量距离的增加，误差会不断累积，而 RTK 技术在有效作业范围内，各个测点的定位精度保持一致，不会出现误差累积的问题，平面精度和高程精度都可以满足大部分工程测量的精度要求。最后，作业受环境约束较小，传统测量作业容易受到天气、地形、通视条件等因素的影响，在山区、密林、水域等复杂区域难以开展作业，而 RTK 技术仅需要保持对卫星信号的有效接收即可完成测量，在大部分复杂地形条件下都可以正常开展作业，拓展了工程测量的适用范围。

二、实时动态定位技术在工程测量中的具体应用

2.1 控制测量中的应用

控制测量是工程测量的基础性工作，为后续工程设计、施工放样提供统一的坐标基准，传统的工程控制测量主要依靠三角网、导线网等方式，作业流程繁琐，工期长，且精度难以保障。将 RTK 技术应用于工程控制测量，可以快速完成平面控制网的布设与测量，对于线路工程、水利工程、建筑工程等不同类型的项目，都可以根据项目规模快速布设控制网点，不需要控制点之间相互通视，只需要控制点上空开阔，能够接收到稳定的卫星信号即可。

2.2 地形测图中的应用

地形测图是工程规划设计阶段的核心工作，需要获取作业区域的地形地貌信息，绘制数字化地形图。传统地形测图需要先布设控制网，再进行碎部测量，作业人员需要携带仪器逐个采集地物点和地形点坐标，还需要绘制草图，后续内业成图工作量大。而应用 RTK 技术开展地形测图时，作业人员携带流动站在待测区域行走，对需要采集的地形点、地物特征点进行坐标采集，能够实时存储点的坐标信息，还可以直接在测量手簿中标记地物的属性，直接导入绘图软件生成数字化地形图，省去了大量内业整理的工作。对于城市旧城改造、山区地形测量等通视条件较差的区域，RTK 技术依然可以正常作业，解决了传统测图技术难以解决的问题。

2.3 施工放样中的应用

工程施工阶段需要将设计图纸上的建筑物、构筑物、线路等位置准确放样到实地，是工程测量中频率最高的工作内容。传统施工放样依靠全站仪、水准仪等仪器，需要提前布设控制点，多次转站，对于大型工程来说放样工作量大，精度难以保障。应用 RTK 技术进行施工放样时，只需要提前将设计点位的坐标输入到测量手簿中，作业人员携带流动站在实地移动，手簿会实时显示当前位置与设计点位的偏差，引导作业人员找到准确的设计点位，厘米级的放样精度完全满足公路、铁路、桥梁、建筑等大多数工程的施工要求。

2.4 变形监测中的应用

对于大型建筑工程、大坝、边坡、隧道等工程，需要定期开展变形监测，掌握工程结构的变形情况，保障工程运营安全。传统变形监测大多采用定期人工观测的方式，监测频率低，难以实现实时监测。将 RTK 技术应用于变形监测，可以实现自动化实时监测，通过在变形监测点上安装 RTK 流动站接收机，基准站持续

发送差分数据，系统可以实时获取监测点的三维坐标变化，一旦变形量超过预警阈值，系统可以自动发出预警。相较于传统监测方式，RTK 变形监测可以实现全天候连续监测，不受天气条件影响，能够及时捕捉到变形的动态变化，为工程安全管理提供准确的数据支撑。

三、实时动态定位技术应用中的误差影响因素与优化策略

虽然 RTK 技术精度高、效率高，但在实际工程测量应用中，仍然会受到多种因素的影响产生测量误差，需要采取针对性的优化措施保障测量精度。首先是卫星信号相关误差，卫星星历误差、卫星钟差以及电离层对流层延迟是主要的系统误差来源，虽然通过差分处理可以消除大部分误差，但在电离层活动剧烈的区域或者高纬度地区，仍然会残留部分误差。针对这一问题，可以采用北斗+GPS 多系统联合定位的方式，增加可观测卫星的数量，提升定位的稳定性和精度，同时选择在电离层活动相对平稳的时段开展测量作业，降低电离层延迟的影响。

其次是信号遮挡与多路径效应误差，在城市建成区、山区密林区域，高大建筑物、树木会遮挡卫星信号，导致可观测卫星数量减少，定位精度下降甚至无法固定解，而建筑物、水面等反射面会产生多路径效应，导致观测数据产生偏差。

第三是数据传输链路误差，RTK 技术需要通过数据链将基准站的差分数据传输给流动站，如果数据传输受到干扰出现丢包，就会影响定位结果的稳定性。针对这一问题，应当选择稳定可靠的数据传输模块，合理控制基准站与流动站之间的作业距离，不同类型 RTK 系统的有效作业距离不同，

四、结语

实时动态定位技术的应用，改变了传统工程测量的作业模式，大幅提升了工程测量的作业效率和测量精度，拓展了工程测量的应用场景，已经成为工程测量领域不可或缺的核心技术之一。随着北斗卫星导航系统的不断完善，RTK 技术的定位稳定性和精度还将进一步提升，未来在工程建设领域的应用范围会更加广泛。在实际应用中，测量人员应当充分掌握 RTK 技术的原理与应用要点，充分认识误差影响因素，采取合理的优化措施保障测量成果的质量，推动工程测量行业向数字化、智能化方向发展。

参考文献

- [1] 李征航, 黄劲松. GPS 测量与数据处理[M]. 武汉大学出版社, 2016.
- [2] 张勤, 张菊花. 工程测量中 RTK 技术的应用探究[J]. 工程技术研究, 2021,

6(12): 142-143.

[3] 王磊. GNSS-RTK 技术在工程测量中的应用及误差分析[J]. 测绘与空间地理信息, 2020, 43(5): 189-191.